

近 47 年中国沙尘暴和扬沙天气

周自江¹ 王锡稳² 牛若芸¹

(1. 国家气象中心,北京 100081; 2. 兰州中心气象台,兰州 730020)

摘要 本文利用 1954~2000 年中国 681 个站的气象实测资料,分析了近 47 年我国沙尘暴和扬沙天气的时空分布特征。结果表明:我国西北、华北、东北和青藏高原地区是沙尘暴和扬沙的主要影响区,其中西北地区是多发区,并有两个明显的高频中心;沙尘暴和扬沙的季节变化大致可划分为三种类型;47 年间除青海、内蒙古和新疆的小部分地区沙尘暴和扬沙日数呈增长趋势外,我国北方大部分地区沙尘暴和扬沙日数在减少;甘肃民勤与新疆和田两个强沙尘暴多发区 20 世纪 80 和 90 年代的强沙尘暴明显少于 50 和 70 年代;2000 年华北和西北东部部分地区的沙尘暴和扬沙日数多于 90 年代均值,但绝大部分地区仍明显少于常年平均值;沙尘暴与大风的年际振荡及多年变化趋势有一致性,70 年代以后由大风减少所引起的沙尘暴减少可能是气候准周期性变化的反映。

关键词 中国 沙尘暴 扬沙 强沙尘暴 时空分布特征

引 言

根据气象观测规范^[1]定义,扬沙是指由于风力较大,将地面尘沙吹起,使空气相当混浊,水平能见度在 1~10km 的天气现象,而沙尘暴是指强风把地面大量沙尘卷入空中,使空气特别混浊,水平能见度低于 1km 的天气现象。强烈的沙尘暴可能使地面水平能见度低于 50m,破坏力极大,俗称“黑风”。

关于沙尘暴和扬沙天气的研究,已有诸多成果^[2~6],但大多研究仅局限于个例分析或小范围有限代表站点分析,而且由于样品事件和资料覆盖面的差异,得出的看法也不尽相同,尤其是对我国沙尘暴和扬沙天气长期变化趋势的认识目前尚存在较大分歧,有人认为是以增加为主,也有人认为是以减少为主,还有人认为虽然沙尘暴总数在减少,但强沙尘暴在不断增加。那么大范围长年代的气象观测事实究竟怎样呢?为此本文首次启用了中国地面气象观测站网 681 个站点近 47 年的实测资料,对我国沙尘暴和扬沙天气的时空分布特征进行分析,特别是以点面结合的方式探讨了近几十年我国沙尘暴和扬沙天气的增减趋势等问题。

1 资料

本文主要以沙尘暴和扬沙的出现日数作为定量表征指标。使用的 681 个站资料均取自国家气象中心归档的原始气象记录报表及其信息化产品,资料经过反复检查,质量和完整性很高。资料年代为 1954~2000 年,其中满 47 年的站有 355 个,占 52.1%,满 45 年的站有 438 个,占 64.3%,满 40 年的站有 661 个,占 97.1%。此外,通过对资料的考察发现,45 年间记有沙尘暴的站共 469 个,占 68.9%,记有扬沙的站共 594 个,占 87.2%。

2 沙尘暴和扬沙的地理分布

对于沙尘暴和扬沙区划,目前尚没有统一的标准。为较准确地描述沙尘暴和扬沙的全国分布,本文暂且以1956~2000年45年平均的年总日数(记作 d_{45})为基准,依表1所给的量值将其划分为影响区、易发区、多发区和高频区。

表1 沙尘暴和扬沙的区划量值

	量值(d)			
	影响区	易发区	多发区	高频区
沙尘暴	$1 \leq d_{45} < 5$	$5 \leq d_{45} < 10$	$10 \leq d_{45} < 20$	$d_{45} \geq 20$
扬沙	$1 \leq d_{45} < 10$	$10 \leq d_{45} < 20$	$20 \leq d_{45} < 40$	$d_{45} \geq 40$

从1956~2000年45年平均的沙尘暴和扬沙年总日数的全国分布图(图1a、b)可以看出,在我国西北、华北大部、青藏高原和东北平原地区沙尘暴 d_{45} 普遍大于1d,是沙尘暴的主要影响区,其中 110°E 以西、天山以南大部分地区沙尘暴 d_{45} 大于10d,是沙尘暴的多发区;塔里木盆地及其周围地区、阿拉善和河西走廊东北部是沙尘暴的高频区, d_{45} 达20d以上,局部接近或超过30d,如新疆民丰36d、柯坪31d、甘肃民勤30d等。扬沙的影响范围比沙尘暴要广,一直延伸到长江中下游地区,扬沙 d_{45} 大于等于20d的多发区涵盖了西北大部、青藏高原大部、内蒙古中西部、辽河平原和海河平原地区,其中塔里木盆地及其周围地区、阿拉善、鄂尔多斯及河西走廊的东部和北部是扬沙的高频区, d_{45} 达40d以上,局部接近或超过80d,如内蒙古吉兰泰96d,宁夏盐池85d,新疆皮山93d、民丰81d等。对照董光荣等研究^[7]发现,沙尘暴和扬沙的易发区大多属中纬度干旱和半干旱地区,这些地区受荒漠化影响和危害比较严重,地表多为沙地和旱地,植被稀少,大风过境,容易形成沙尘暴和扬沙天气。

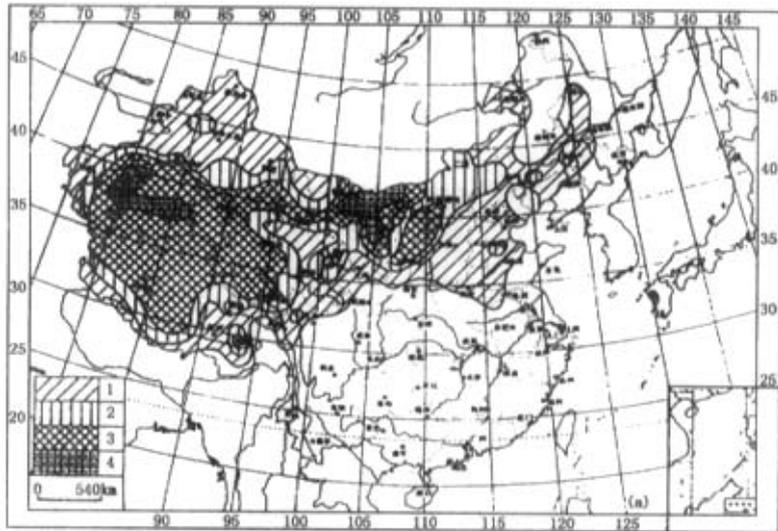


图1a 1956~2000年沙尘暴年均日数的全国分布(单位:d)

1. $1 \leq d_{45} < 5$ 2. $5 \leq d_{45} < 10$ 3. $10 \leq d_{45} < 20$ 4. $d_{45} \geq 20$

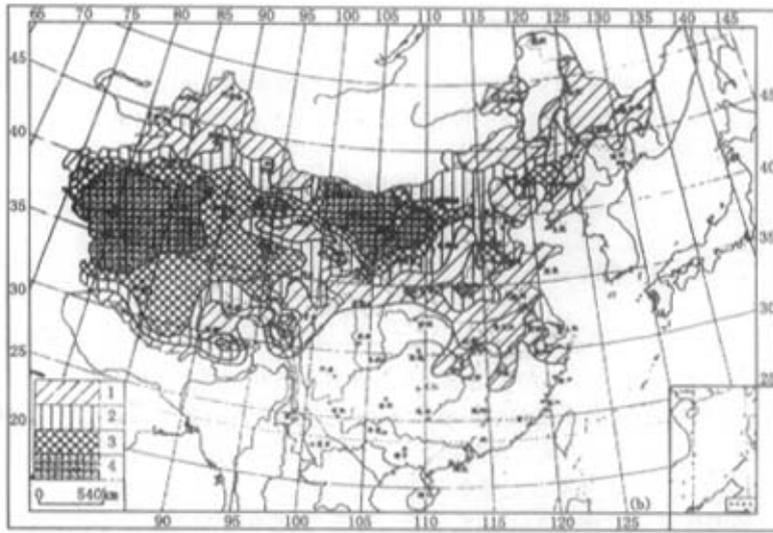


图 1b 1956~2000 年扬沙年均日数的全国分布(单位:d)
 1. $1 \leq d_{45} < 10$ 2. $10 \leq d_{45} < 20$ 3. $20 \leq d_{45} < 40$ 4. $d_{45} \geq 40$

3 沙尘暴和扬沙的季节变化

由北京等 6 个代表站 1954~2000 年 47 年平均的沙尘暴和扬沙日数的季节变化曲线(图 2)来看,沙尘暴和扬沙的季节分布基本上是春多秋少,呈“~”型,这是因为春季我国北部地区冷空气活跃,多大风,气温回暖解冻,地表裸露,容易起沙。比较而言,各地区沙尘暴和扬沙的季节分布又略有差异,大致可划分为三种类型:①春季最多型,以北京、朱日和为代表,例如北京 3~5 月沙尘暴、扬沙日数分别占全年总出现日数的 52.6%和 67.2%;②冬末春初最多型,以兴海为代表,兴海 2~4 月沙尘暴和扬沙日数分别占全年总出现日数的 70.0%和 69.4%;③春夏频繁型,以和田、民勤和张掖等为代表。

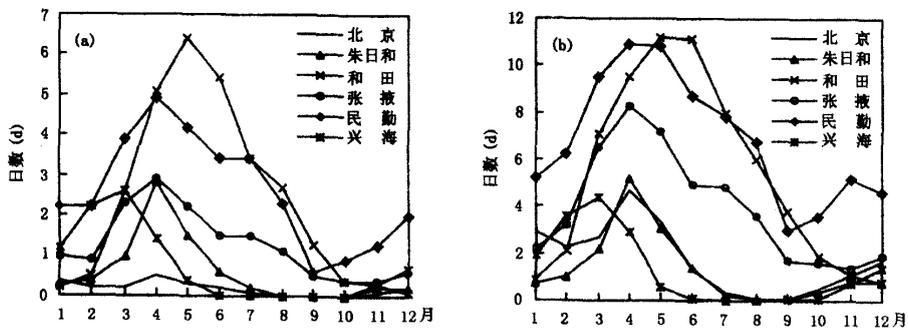


图 2 北京等 6 个代表站沙尘暴(a)和扬沙(b)日数的季节变化

4 近 45 年沙尘暴和扬沙的增减趋势

4.1 沙尘暴和扬沙日数的多年变化

表 2 为北京等 13 个代表站 1954~2000 年及各年代年均沙尘暴日数。资料表明,只有朱日和与兴海 2 个代表站 90 年代沙尘暴日数多于 50 年代,而其他 11 个代表站 90 年代沙尘暴日数均少于 50 年代,并且前后差异还相当明显,例如,北京、呼和浩特、银川和西宁 50 年代年均沙尘暴日数分别是 90 年代的 10.3、8.2、8.5 和 63 倍。从表 3 各年代年均扬沙日数也可得出类似认识,北京、呼和浩特、银川和西宁 50 年代年均扬沙日数分别是 90 年代的 11.1、5.4、3.3 和 22.3 倍。可见近 47 年我国北方大部分地区沙尘暴和扬沙日数是以减少为主的。

表 2 北京等 13 个代表站不同年代的年均沙尘暴日数

代表站	年均沙尘暴日数(d)						
	1954~1960	1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	1956~2000	2000 年
北 京	4.1	4.6	1.4	0.7	0.4	1.9	0
朱日和	2.9	8.0	8.9	8.3	7.4	7.6	12
呼和浩特	13.9	7.8	4.8	1.1	1.7	4.3	6
赤 峰	12.4	5.4	4.4	0.7	0.8	3.5	1
榆 林	18.4	11.5	13.6	5.7	1.0	9.3	4
银 川	16.1	2.8	7.0	6.7	1.9	6.3	7
西 宁	12.6	6.5	6.2	0.2	0.2	4.2	0
兴 海	7.0	2.0	2.5	13.8	16.8	8.7	4
兰 州	8.6	1.3	3.2	0.6	0.1	1.9	0
张 掖	18.6	21.6	20.3	10.8	4.3	14.7	5
民 勤	44.3	30.5	39.3	30.7	12.0	30.0	15
乌鲁木齐	3.9	4.8	6.4	1.9	0.3	3.3	0
和 田	36.1	32.5	31.0	26.0	14.3	27.4	6

表 3 北京等 13 个代表站不同年代的年均扬沙日数

代表站	年均扬沙日数(d)						
	1954~1960	1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	1956~2000	2000 年
北 京	52.1	20.8	22.3	12.3	4.7	17.9	14
朱日和	9.0	14.4	18.1	18.1	18.0	16.0	21
呼和浩特	41.4	25.3	16.1	7.6	7.6	16.4	12
赤 峰	56.9	42.5	43.6	11.1	3.0	27.9	2
榆 林	75.3	59.9	81.3	33.8	6.2	48.5	19
银 川	54.1	34.2	37.1	34.1	16.3	33.1	25
西 宁	46.9	31.1	51.8	7.2	2.1	25.2	1
兴 海	10.0	5.9	9.9	20.1	29.8	16.3	18
兰 州	47.7	16.7	21.4	16.1	4.3	17.5	5
张 掖	60.3	55.1	57.8	37.3	25.6	45.2	28
民 勤	132.7	87.2	90.9	68.0	38.2	77.6	39
乌鲁木齐	14.6	18.0	25.6	12.1	1.8	14.1	0
和 田	49.9	81.9	67.5	62.8	50.8	64.4	60

图 3 和图 4 分别为北京等 6 个代表站 1954~2000 年沙尘暴和扬沙日数的逐年变化曲线。曲线显示,朱日和与兴海沙尘暴、扬沙日数的总体趋势为增多,尤其是兴海 80 年代中期陡增,而北京、和田、张掖和民勤的沙尘暴日数在波动中逐步减少,同时,北京、张掖和民勤的扬沙日

数也在递减,和田的扬沙日数 60 年代中期以前增多,此后减少,这与表 2 和表 3 的结果基本一致。

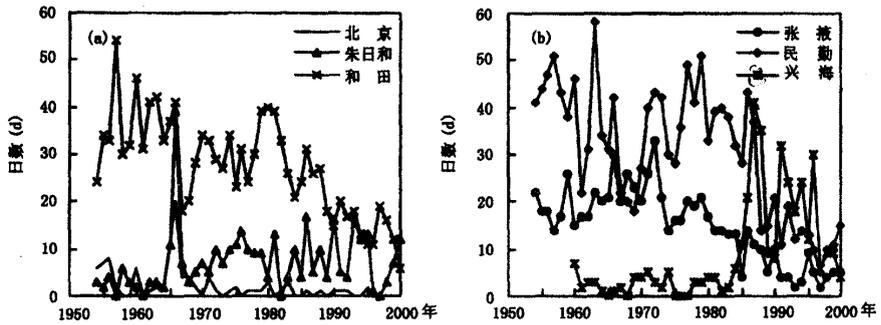


图 3 北京等 6 个代表站 1954~2000 年沙尘暴日数的年际变化

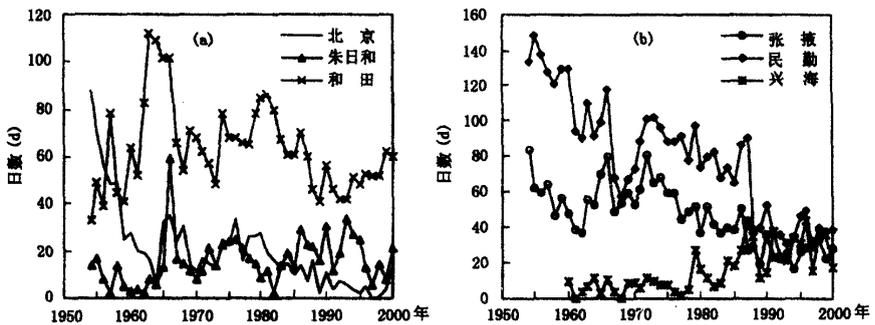


图 4 北京等 6 个代表站 1954~2000 年扬沙日数的年际变化

对每一测站 1954~2000 年的沙尘暴日数序列和扬沙日数序列分别用最小二乘法得出线性拟合趋势,通过信度 α 等于 0.05 的 F 检验后,可以点绘出 1954~2000 年全国沙尘暴和扬沙日数的线性变化趋势分布(图 5)。可见,近 47 年来,我国北方大部分地区的沙尘暴日数在减少,只有青海、内蒙古和新疆小部分地区呈增长趋势,同样我国北方地区扬沙日数也是以减少为主。

4.2 强沙尘暴的多年变化

研究成果表明,凡同时满足瞬时极大风速 $\geq 20\text{m/s}$ (在新疆南部南缘,仅要求 $\geq 17.2\text{m/s}$)、能见度 $\leq 200\text{m}$ 者为强沙尘暴^[8-9]。同时,兰州高原大气物理所根据这一标准,收集了 1952~1994 年西北地区 48 例强沙尘暴,并由此指出从 20 世纪 50~80 年代西北地区的强沙尘暴一直在增加^[8]。然而,笔者在整理沙尘暴和扬沙的原始记录时,发现上述 48 例强沙尘暴个例谱并不完整,需要修正和补充。但由于近几十年来我国气象台站网积累的大量风速自记记录尚没有得到充分整理,加上 50~60 年代瞬时极大风速记录很不完整,要想得到近 47 年完整的全国强沙尘暴个例谱还是比较困难的,必须做大量深入细致的研究工作。表 4 为本文根据上述强沙尘暴标准最新得到的 1954~2000 年民勤与和田两站的强沙尘暴个例谱。其中部分时段因本地无瞬时极大风速记录,只能参阅其十分钟平均最大风速记录或临近站的瞬时极大风速记录。由表

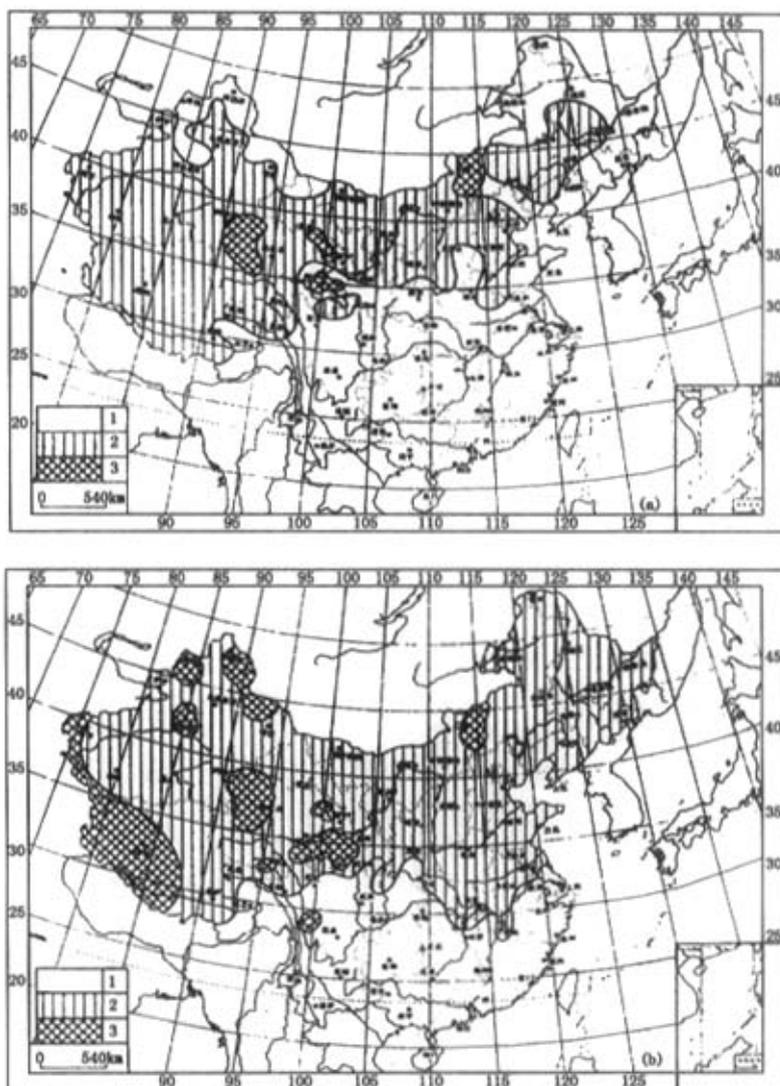


图5 1956~2000年全国沙尘暴(a)和扬沙日数(b)的变化趋势分布图

1. 不变 2. 减少 3. 增加

4 可见,1954~2000年民勤与和田站的强沙尘暴分别为49和41例,远多于文献[8]所列的15和10例(在文献[8]中,两站共有25例,占52%,是出现次数最多的两个中心点),如果民勤站再加上1952和1953年的3例^[8],其50年代的强沙尘暴可达14例。从强沙尘暴的分布时间来看,两地50和70年代的强沙尘暴较多,80和90年代相对较少,90年代约为50和70年代的一半左右。另外,考察北京地区的资料发现,47年间北京出现瞬时极大风速 $\geq 20\text{m/s}$ 、能见度 $\leq 500\text{m}$ 的较强沙尘暴7次(主要集中在60年代),它们依次为1964年3月4日、1965年12月

14~15日、1966年2月2日、1966年3月23日、1966年4月14日、1968年3月4日和1971年3月28日。

表4 1954~2000年民勤与和田代表站的强沙尘暴个例谱

代表站	年代	次数	个例发生日期(年.月.日)
民 勤	1954~1960	11	55.04.08、56.12.03、57.01.24、57.03.06~07、57.06.17、57.08.02、58.02.21、59.01.11、59.04.07~08、60.01.24、60.12.10
	1961~1970	10	61.06.01、61.07.13、63.01.28、63.05.10~11、64.03.14、65.04.25、65.11.28、66.04.14、68.06.24、69.04.06
	1971~1980	13	71.02.15、71.04.06、71.05.13、71.07.12、72.04.30、73.06.22、74.06.23、75.04.04、75.07.17、77.02.21、77.05.19、79.04.11、79.05.21
	1981~1990	8	81.03.07、82.05.04、82.06.10、83.04.02、83.04.27、83.05.20、87.01.06、87.05.07
	1991~2000	7	91.05.05、93.05.05、98.04.15、99.04.10、99.07.01、00.04.12、00.04.19
和 田	1954~1960	10	54.04.10、55.04.12~13、56.03.22、56.04.03、56.08.01~02、58.08.26、59.03.17、59.04.03~04、60.03.07~08、60.03.22~23
	1961~1970	8	61.03.19~20、61.04.19、61.06.10、64.03.31、65.08.24、68.04.01、69.05.22~23、69.07.15
	1971~1980	14	71.04.05、72.03.21、73.05.27、74.03.23、74.05.03~04、76.04.04~05、76.08.05、77.02.27、78.05.25、79.04.25、79.05.25~26、79.05.28、79.06.11~12、80.06.02~03
	1981~1990	5	81.05.30~31、83.04.27~28、85.06.10~11、86.05.18~19、88.05.18
	1991~2000	4	91.05.29~30、93.06.23~24、97.07.10、99.05.13

4.3 风力条件的变化对沙尘暴、扬沙增减趋势的影响

研究成果表明,沙尘暴的发生一般要有两个条件:足够强劲持久的风力和地表丰富的松散干燥的沙尘^[8]。亦即风和沙尘是形成沙尘暴的两个主要因素。研究成果还表明,我国沙化土地面积20世纪50~60年代中期开始平均每年扩展1560km²,90年代每年扩展达2460km²^[7]。这意味着我国地表覆被整体在恶化,沙尘暴的物质源越来越丰富,其发生次数理应呈增多趋势。这显然与上述的沙尘暴普遍减少趋势不吻合,甚至是矛盾的。在这种情况下,沙尘暴的减少将意味着风的因素可能起了主导作用。为此,我们统计了春季(3~5月)北京等6个代表站1954~2000年逐年下午平均风速大于6m/s(即沙尘起动临界风速)的日数,发现多数站春季下午平均风速大于6m/s的日数总体上呈减少趋势,特别是70年代以后减少较为明显(图略)。如果将对应代表站1954~2000年春季沙尘暴日数的逐年变化(图略)与之一一对应比较的话,发现两者的年际振荡和多年变化趋势是相当一致的。这说明风力条件对沙尘暴增减趋势的影响较为显著。

此外,部分地区采取的一些生物措施(如植树造林)和工程措施(如宁夏的固海扬水灌溉工程^[10]),使得局部地区地表覆被状况有较大改善,加之防风固沙林可以有效减弱风速,抑制弱小沙尘暴天气的发生、发展和持续时间,从而使得沙尘暴日数在一定程度上有所减少。

70年代以后大风的减少所引起的沙尘暴减少可能是气候准周期性变化的反映。每年我国冬春季寒潮大风的出现与东亚冬季风的强度有关,在20世纪70年代东亚冬季风甚强,从80年代到90年代,特别是90年代,东亚冬季风甚弱。最新研究^[11]指出,东亚冬季风与厄尔尼诺事件有密切关系,东亚冬季风的强度在厄尔尼诺年弱,而在反厄尔尼诺(即拉妮娜)年强。在70年代反厄尔尼诺事件占优势,寒潮大风所引起的沙尘暴较频繁,在80~90年代厄尔尼诺事件占优势,沙尘暴较少。2000年处在一个反厄尔尼诺事件的高峰期,我国北方冬春强寒潮大风频

繁出现,从而引起较多沙尘暴天气。

5 2000 年的沙尘暴和扬沙概况

在上述 681 个站中,2000 年我国北方共有 133 个站测有沙尘暴天气,其中频次超过 15d 的地区有:新疆民丰 25d、塔中 15d、青海茫涯 18d、内蒙古拐子湖 16d、甘肃民勤 15d 和宁夏盐池 15d。同时,我国北方共有 293 个站测有扬沙天气,其中频次超过 50d 的地区有:新疆民丰 71d、塔中 81d、皮山 90d、和田 71d、内蒙古拐子湖 55d、吉兰泰 72d、宁夏盐池 56d 和陕西定边 65d。对比 2000 年沙尘暴和扬沙日数的全国分布(图略)和图 1,可以看出,2000 年我国沙尘暴和扬沙的影响区、易发区、多发区和高频区基本上在 1956~2000 年的 45 年平均值范围之内,属正常年份,但与 1991~2000 年的 10 年平均状况相比,2000 年我国华北大部、西北东部以及新疆和青海部分地区的沙尘暴和扬沙日数多于 90 年代的均值(图略),其中华北地区的扬沙日数偏多相当明显,部分地区为 90 年代扬沙日数最多年份,例如北京、天津 2000 年的扬沙日数分别为 1988 和 1985 年以来的最大值。

2000 年发生的较强沙尘暴主要有:①3 月 22 日,内蒙古中部、宁夏北部和陕西北部等地,能见度 $\leq 200\text{m}$,朱日和瞬时极大风速 24.0m/s ;②4 月 12 日,甘肃河西走廊等地,金昌、武威、民勤和乌鞘岭等地能见度 $\leq 100\text{m}$,瞬时极大风速 $\geq 20\text{m/s}$;③4 月 19 日,内蒙古西部、甘肃河西走廊和陕西北部等地,能见度 $\leq 200\text{m}$,瞬时极大风速 28.1m/s ;④4 月 28 日,内蒙古中西部、甘肃东部、宁夏和陕西北部等地,能见度 $\leq 200\text{m}$,瞬时极大风速 21.3m/s ;⑤5 月 6 日,新疆奇台等地,能见度 $\leq 200\text{m}$,瞬时极大风速 31.0m/s ;⑥5 月 10~11 日,内蒙古额济纳旗、阿拉善、鄂托克旗、宁夏盐池和陕西定边等地,能见度 $\leq 100\text{m}$,瞬时极大风速 21.0m/s ;⑦8 月 18~19 日,新疆塔中、民丰、若羌等地,能见度 $\leq 200\text{m}$,瞬时极大风速 24.4m/s 。

参 考 文 献

- [1] 中央气象局,地面气象观测规范,气象出版社,1979
- [2] 徐国昌、陈敏连、吴国雄,甘肃省“4.22”特大沙尘暴分析,气象学报,1979,37(4):26~35
- [3] 杨东贞、王超、温玉璞等,1990 年春季两次沙尘暴特征分析,应用气象学报,1995,6(1):18~26
- [4] 杨东贞、房秀梅、李兴生,我国北方沙尘暴变化趋势的分析,应用气象学报,1998,9(3):352~358
- [5] 王式功、杨民、祁斌等,甘肃河西沙尘暴对兰州市空气污染的影响,中国沙漠,1999,19(4):354~358
- [6] 张德二、陆风,我国北方的冬季沙尘暴,第四纪研究,1999,(5):441~447
- [7] 董光宋、吴波、慈龙骏等,我国荒漠化现状、成因与防治对策,中国沙漠,1999,19(4):318~332
- [8] 钱正安、贺慧霞、瞿章等,我国西北地区沙尘暴的分级标准和个例谱及其统计特征,见:方宗义等主编,中国沙尘暴研究,气象出版社,1997
- [9] 徐启运、胡敬松,我国西北地区沙尘暴天气时空分布特征分析,见:方宗义等主编,中国沙尘暴研究,气象出版社,1997
- [10] 牛生杰、孙继明、桑建人,贺兰山地区沙尘暴发生次数的变化趋势,中国沙漠,2000,20(1):55~58
- [11] 穆明权、李崇银,东亚冬季风年际变化的 ENSO 信息 I. 观测资料分析,大气科学,1999,23(3):276~385